

**К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ  
КОММУТАЦИОННЫХ GAN ТРАНЗИСТОРОВ**

А.А. Томашевич, А.Г. Лошилов, Е.В. Ерофеев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

**ON QUESTION OF AUTOMATED TESTS OF GAN POWER TRANSISTORS**

A.A. Tomashevich, A.G. Loshchilov, E.V. Erofeev

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR),

Russia, Tomsk, Lenin avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

**Abstract.** *This paper discusses automation solution for testing of GaN based power transistors. This solution includes switching circuit that makes it possible to measure representative samples in amounts of ten and more in automatic mode. It enables to reduce efforts and increase measurement repeatability.*

**Введение.** В рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» в НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУР в партнерстве с АО НПФ «Микран» разрабатываются экспериментальные образцы силовых коммутационных GaN транзисторов [1]. Проведение исследовательских испытаний в процессе производства транзисторов играет важнейшую роль и позволяет оценить показатели качества. Для достижения требуемой достоверности результатов необходимо исследовать репрезентативную выборку изделий. Выполнение измерений в ручном режиме сопряжено с большими временными затратами и высокой трудоемкостью. Кроме того, при ручном переключении образцов неизбежно вырастет погрешность измерения. Ввиду вышеуказанной проблемы нами предлагается техническое решение, позволяющее проводить исследовательские испытания силовых GaN транзисторов в автоматизированном режиме.

**Объект испытаний и требования.** Объектом испытаний является силовой коммутационный GaN, имеющий следующие основные параметры:

- 1) начальный ток стока транзистора 100 мкА;
- 2) пороговое напряжение отпираия +1 В;
- 3) максимальный рабочий ток транзистора 60 А;
- 4) ток затвор-исток транзистора 1 мА;
- 5) входная емкость 500 пФ;
- 6) блокирующее напряжение сток-исток 200 В;
- 7) сопротивление открытого канала 40 мОм.

На рис. 1 представлена типовая схема включения полевого транзистора с общим истоком и фотография транзистора в корпусе.

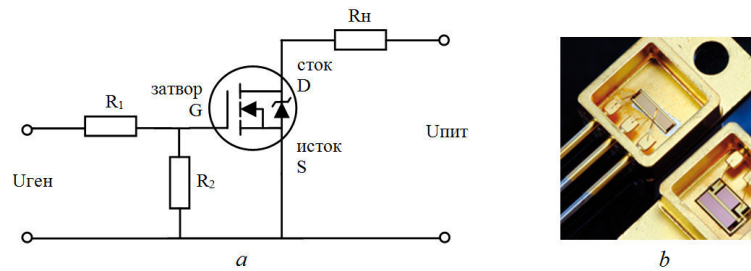


Рис. 1. Схема включения (а) и фотография силовых GaN транзисторов в корпусе (b)

Согласно программе и методики испытаний к образцам предъявляются следующие требования:

1. Начальный ток стока  $I_{DSS}$  при  $U_{GS} = 0$  В;  $U_{DS} = 100$  В не более 150 мкА;
  2. Ток утечки затвора  $I_{GSS}$  при  $U_{GS} = -5, -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5$  В не более 3000 мкА;
  3. Сопротивление сток-исток  $R_{DS}$  при  $I_D = 5$  А не более 25 мОм;
  4. Пороговое напряжение отпирания транзистора  $U_{GS}$  в диапазоне от 0,7 В до 2,5 В;
  5. Постоянное прямое напряжение на диоде  $U_{SD}$  не более 1,8 В;
  6. Длительность фронта включения транзистора при  $R_n = 2$  Ом,  $U_{DS} = 100$  В не более 20 нс;
  7. Длительность фронта выключения транзистора при  $R_n = 2$  Ом,  $U_{DS} = 100$  В не более 20 нс;
  8. Отклонение значений характеристик  $I_{DSS}$ ,  $I_{GSS}$ ,  $R_{DS}$ ,  $U_{GS}$ ,  $U_{SD}$ , и  $t_r$ ,  $t_f$  транзисторов, измеренных до наработки и после наработки в течение 100 часов в нормальных условиях не должно превышать  $\pm 5\%$ .
- Испытание должно проводиться на выборке экспериментальных образцов в количестве не менее 10 шт.

**Обобщенная схема измерения.** На основании предъявленных к объекту контроля требований предложена обобщенная схема измерения параметров GaN транзистора в ручном режиме (рис. 2).

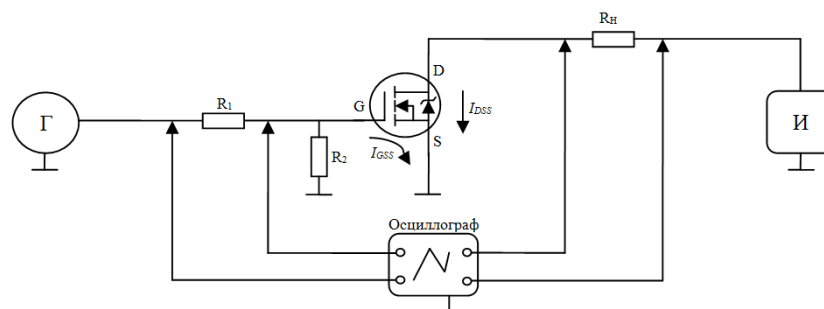


Рис. 2. Структурная схема измерения параметров транзистора в ручном режиме

Схема содержит высоковольтный источник питания (И); генератор сигналов специальной формы (Г), позволяющий измерить как статические характеристики транзистора при подаче постоянного смещения на затвор, так и динамические характеристики в режиме подачи последовательности прямоугольных импульсов. Четырехканальный осциллограф позволяет одновременно регистрировать значения параметров и формы сигналов в цепях затвора, стока и истока.

Для автоматизации измерений характеристик выборки транзисторов предлагается использовать решение, аналогичное [2]. Для этого исследуемые образцы дискретных транзисторов должны быть предварительно смонтированы на коммутационную плату, которая впоследствии устанавливается в специализированный коммутатор, позволяющий задавать режимы испытаний как для каждого

транзистора в отдельности, так и для всей совокупности транзисторов (например, при исследовании стабильности параметров транзисторов). На рис. 3 представлена обобщенная схема предлагаемого коммутатора, имеющая матричную организацию.

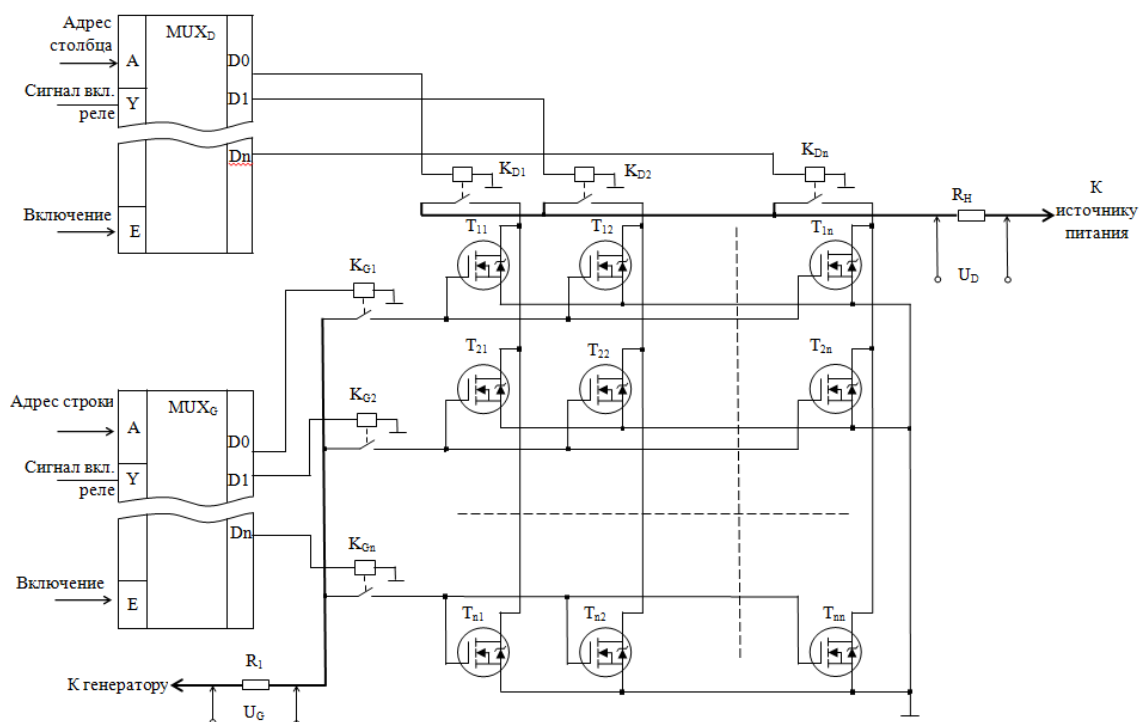


Рис. 3. Обобщенная структурная схема коммутатора

Управление работой коммутатора осуществляет микроконтроллер, который по команде управляющего компьютера может изменить состояния сигналов на адресных входах мультиплексоров MUX<sub>D</sub> и MUX<sub>G</sub>, изменяя, тем самым, активный транзистор для проведения измерений.

**Заключение.** Предлагаемое решение позволяет производить измерение основных параметров тестовой партии транзисторов на основе нитрида-галлия в автоматизированном режиме без вмешательства оператора в процесс измерения, что повысит повторяемость результатов и снизит систематическую погрешность измерений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение № 14.577.21.0204 от 27.10.15). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI 57715 X 0204.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерофеев Е. В., Кагадей В. А., Казимиров А. И., Федин И. В. Силовые коммутационные транзисторы на основе нитрида галлия для высокоэффективных вторичных источников электропитания // Журнал Энергобезопасность и энергосбережение. – №6 (60). – 2014. – С. 26–28.
2. Ekhanin S., Tomashevich A., Ermolaev A., Loschilov A. Test and Measurement Complex for Investigation of GaN Based High-Brightness Light-Emitting Diodes // Материалы XII Международной IEEE Сибирской конференции по управлению и связи SIBCON. – Москва, 2016. – С. 1–4.